



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

KAUKO-OHJATTAVA ILMAKUVAAUSJÄRJESTELMÄ

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan ala
Mediatekniikka
Tekninen Visualisointi
Opinnäytetyö
2014
Mark Poutanen

Lahden ammattikorkeakoulu
Mediatekniikka

POUTANEN, MARK:

Kauko-ohjattava ilmakuvausjärjestelmä

Teknisen visualisoinnin opinnäytetyö, 34 sivua,

Kevät 2014

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön tavoitteena on tutustua ilmakuvaukseen yleisesti, ilmakuvaukseen miehittämättömällä ilma-aluksella, sekä suunnitella ja rakentaa oma ilmakuvausjärjestelmä

Työn tärkeimpiä osa-alueita olivat erilaisten vaihtoehtojen tutkiminen sekä niiden avulla oikean ratkaisun löytäminen harrasteliapohjaiseen ilmakuvaukseen.

Tässä työssä käydään läpi lyhyesti ilmakuvauksen historia, sekä kerrotaan sen tuomista mahdollisuuksista niin miehitetyillä kuin miehittämättömilläkin järjestelmillä, jo työn alkuvaiheessa selvisi kuinka suuri potentiaali miehittämättömillä ilma-aluksilla on pelastus-, valvonta sekä viihde tarkoituksissa.

Työn aikana kävi kuitenkin ilmi että itse kootulla järjestelmällä ei päästä aivan yhtä tasaisiin ja varmoihin tuloksiin kun valmiilla järjestelmillä. Aikaansaatu järjestelmä oli täysin sopiva harrastustoimintaa ajatellen ja sopii hyvin ensimmäiseksi järjestelmäksi.

Asiasanat: ilmakuvaus, multirotor, multikopteri, UAV

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Media Technology

POUTANEN, MARK

Aerial photography
with unmanned aerial
vehicles.

Bachelor's Thesis in Visualization Engineering,

34 pages

Spring 2014

ABSTRACT

The aim of this study was to explore aerial photography in general, aerial photography in both manned and unmanned systems, as well as how to design and build your own unmanned aerial system.

The most important part of this thesis was to investigate a number of different options how to do aerial photography as a non-professional in the cheapest and easiest way possible.

The thesis goes through the history of aerial photography and describes the opportunities presented by both manned as unmanned systems. Already in the early stages of the work it became clear how vast the potential of unmanned aerial vehicle is for rescue, research, surveillance and entertainment purposes.

During the research it became obvious that you cannot reach high enough quality and stability with a self-built UAV system. On the other hand, this system is a good choice as your first aerial system for learning how to fly.

Key words: UAV, unmanned, aerial, vehicle, photography

SISÄLLYS

TERMISTÖ	4
1 JOHDANTO	5
2 ILMAKUVAUS	6
2.1 Ilmakuvatyytit	6
2.2 Ilmakuvauksen historiaa	9
2.3 Ilmakuvien käyttötarkoituksia	10
2.4 Lainsäädäntö	12
3 ILMAKUVAUSJÄRJESTELMÄT	13
3.1 Miehitetyt järjestelmät	13
3.2 UAV järjestelmät	13
3.3 Valmiit UAV-ratkaisut	15
3.4 Multirotor-kopterit	18
3.5 Ohjaustekniikat	20
3.6 Kamera	21
3.6.1 Harrastelijoille	21
3.6.2 Ammattilaisille	21
3.7 Flight Control Unit	22
3.7.1 Coptercontrol 3D	22
3.7.2 MultiWII Pro	23
4 OHJELMISTOT	24
4.1 Ground control station -ohjelmistot	24
5 CASE	26
5.1 Edullisen ilmakuvauksen toteuttaminen	26
5.2 Osat	27
5.3 Testaus	29
6 YHTEENVETO PROJEKTISTA	30
LÄHTEET	31
KUVALUETTELO	33

TERMISTÖ

- UAV = Unmanned Aerial Vehicle
- FPV = First person view
- GPS = Global positioning system
- FCU = Flight control unit
- GCS = Ground control system
- AGH = Auto Go Home
- HALE = Hight Altitude Long Endurance
- Arduino = avoimeen laitteistoon perustuva mikrokontrolleri-elektroniikka-alusta ja ohjelmointiympäristö.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee ilmakuvausta miehittämättömällä ilma-aluksella, yleisen katsauksen lisäksi työ käy läpi yleisimmät ilmakuvaustyyppi ja niiden käyttötarkoitukset. Lyhyt katsaus ilmakuvauksen historiaan. Myös ilmakuvaukseen liittyvä lainsäädäntö käydään pääpiirteittäin läpi.

Ilmakuvaukseen on perinteisesti toteutettu niin sanotuilla miehittyillä järjestelmillä, joiden käyttö polttoainekustannusten sekä edullisimpien vaihtoehtojen myötä on vähentynyt rajusti. Miehittämättömät järjestelmät ovat nykyään huomattavasti käytetympi vaihtoehto kulurakenteen sekä käytännöllisyyden takia.

Tämän työn varsinaisena kohteena ovat kuitenkin multirotor –kopterit, jotka ovat helppokäyttöisyytensä ja muokattavuutensa takia valjastettavissa useisiin eri tehtäviin ilmakuvauksen lisäksi. Kopterin kantokyky sekä FCU:n ominaisuudet ovat tässä määrävä tekijä.

Case-osiossa on tarkoitus suunnitella ja toteuttaa itse miehittämätön ilmakuvauksjärjestelmä, jonka pääkäyttötarkoitus on harrastustoiminnassa ja sen dokumentoinnissa. Tämä osio selventää, minkälaisia osia tarvitaan lentävän laitteen toteuttamiseksi, sekä muutamia erillaisia vaihtoehtoja tärkeimmille osille. Tämän casen tarjoama ratkaisu ei ole helpoin mahdollinen ja vaatii jonkin verran aikaisempaa kokemusta kauko-ohjattavista laitteista sekä ohjelmoinnista.

Ilmakuvaukseen on valo- tai videokuvan ottamista maan pinnalla olevasta kohteesta, siten, että kameraa ei ole tuettu maahan. Ilmakuvaukseen voidaan toteuttaa lentokoneesta, helikopterista tai kuumailmapallosta perinteisin kuvausmenetelmin, tai vaihtoehtoisesti miehittämättömästä kauko-ohjattavasta lennokista.

Still-kuvaus on eniten käytetty ilmakuvauksen muoto. Vuosikymmeniä on ilmasta otettuja kuvia käytetty moniin eri käyttötarkoituksiin. Multikopterilla voi ottaa kuvia sellaisista paikoista, mihin ei täysikokoisella kalustolla ole mahdollisuus päästä. Nopeus ja kustannustehokkuus ovat omaa luokkaansa. Kuvaus on mahdollista maanpinnalta aina 150m korkeuteen saakka (Wikipedia, 2013)

2 ILMAKUVAUS

2.1 Ilmakuvatyytit

Viistokuva on kaikista yleisin ilmakuvatyyppi, se tarkoittaa kuvaa joka on otettu ilma-aluksesta alle 90 asteen kulmassa. Kuvan kohteena on yleensä maan pinnalla oleva objekti esim. rakennus kuva 1. Viistokuvat ovat yleensä havainnollisempia ja kattavat laajemman alueen kuin pystykuvat.



Kuva 1 Lomakiinteistöstä mainostarkoitukseen otettu viistokuva (IGT, 2014)

Pystykuva tarkoittaa ilmakuvaa, joka on otettu ilma-aluksesta suoraan tai lähes suoraan maata kohden. Näin kuvan kaikki neljä kulmaa ovat yhtä kaukana kameran kennosta, ja kuvasta tulee ”karttamainen”. Näitä kuvia käytetään yleensä vain kartoitustarkoituksissa tai ortokuvien aineistona. Kuva 2 havainnollistaa loistavasti, kuinka kuvaa ei ole vielä oikaistu ortokuvaksi.

Täydelliseksi pystykuvaksi kutsutaan ilmakuvaa, jossa kuvataso on täysin vaakasuorassa. Yleensä ilmakuvat ovat kallistuneita vaakatason suhteen, tällöin ilmakuva muutetaan ohjelmallisesti täydelliseksi pystykuvaksi, jolloin puhutaan oikaistusta ilmakuvasta.



Kuva 2 Pystykuva ulkoilualueesta (Webb Aviation, 2014)

Ortokuva on ilmakuva tai ilmakuvamosaiikki, joka on oikaistu kohtisuoraksi, kuvasta on myös poistettu maastovirheet, ja se on orientoitu ja skaalattu maaston koordinaatiston mukaan. Yleensä samalla kuvauslennolla keilataan myös korkeusmalli alueesta, jota ortokuva esittää, koska kuvaa ei voida sakaalata oikein ilman korkeusmallia. Ortokuvia käytetään yleisesti alueiden kartoittamisessa, esimerkiksi kuva 3 on valmis ortokuva kartoitustarkoitukseen.



Kuva 3 Valmis ortokuva karttapalvelusta (Map Art, 2014)

2.2 Ilmakuvauksen historiaa

Ensimmäinen ilmakuvausta harjoittanut henkilö oli Ranskalainen valokuvaaja ja kuumailmapalloilija Gaspard-Félix Tournachon. Kuvat otettiin Pariisiin yllä Nadar nimisestä aluksesta vuonna 1858, vaikkakin nämä kuvat ovat kadonneet aikojen saatossa. Vanhin vielä olemassa olevista ilmakuvista on James Wallance Blackin sekä Samuel Archer Kingin Lokakuussa 1860 ottama kuva 4 'Boston, as the Eagle and the Wild Goose See It.', kuvassa näkyy Bostonin kaupunkia ja se otettiin 630 metrin korkeudesta. (Wikipedia, 2013)



Kuva 4 Boston, as the Eagle and the Wild Goose See It. (Wikipedia 2013)

Elokuvassa ilmasta käsin kuvattua videokuvaa näkyi vuonna 1909, Wilbur Wright und seine Flugmaschine -nimisessä lyhytelokuvassa. Siitä vain muutaman vuoden kuluttua 1911 Venäläinen insinööri Colonel Pote V.F. kehitti puoliautomaattisen ilmakuvausjärjestelmän, jota käytettiin Ensimmäisessä Maailmansodassa tiedustelulennoilla. Tällöin USA:ssa käytettiin ilmakuvausta sekä panoraamakuvausta siviilien kartoittamiseen, topografiaan sekä kartografiaan Alaskassa valtiojohdon toimesta. Sotilaallisiin tarkoituksiin ilmakuvausta käytettiin laajemmin Neuve Chapelle taistelussa. (Wikipedia, 2013)

Kaupalliseksi ilmakuvauksen saattoi Britanialainen Aerofilms Ltd, jonka olivat perustaneet WW1 veteraanit Francis Wills ja Claude Graham White. Yksi tunnetuimmista ilmakuvauksen edelläkävijöistä oli Sherman Fairchild, joka perusti oman lentokoneyrityksen ”Fairchild Aircraft”. Yrityksen tarkoituksena oli kehittää ja valmistaa ”high attitude” ilmakuvaukseen ja ilmavalvontaan erikoistuneita lentokoneita. 1935 FA:n valmistama lentokone kantoi mukanaan kahta synkronoitua kameraa, joissa oli 5 kappaletta 6 tuuman ja yksi kappale 10 tuuman linssijä, joilla pystyttiin ottamaan tarkkoja kuvia jopa 7 km:n korkeudesta. Jokainen kuva kattoi noin 26000 neliökilometrin kokoisen alueen. Yksi ensimmäisistä hallituksen kanssa tehdyistä yhteistyösopimuksista oli Uuden Mexikon ilmavalvonta, jolla tutkittiin maaperän eroosiota. Seuraavana vuonna Fairchild esitteli uuden ”high attitude” kameran, jolla pystyttiin kuvaamaan 1500 neliökilometrin kokoinen alue yhdellä valotuksella yli 9 kilometrin korkeudesta. (Wikipedia, 2013)

2.3 Ilmakuvien käyttötarkoituksia

Useimmiten ilmakuvausta käytetään jonkin alueen tai asian viisto- tai pystykuvaukseen., nämä kuvat auttavat suunnittelijoita kaavoittamaan, kartoittamaan sekä hahmottamaan työn kohdetta. Miehittämättömien ilmakuvauslaitteiden halventuessa ne ovat yleistyneet myös mainos- ja taidekäytössä. (Livescience.com, 2013)

Kiinteistönvälityksessä UAV:ta käytettiin ensimmäisen kerran vuosikymmenen alussa, jolloin kuvaustoiminta loppui, koska USA:n lait kielsivät UAV:n (Unmanned Aerial Vehicle) käytön kaupallisissa sovelluksissa. Liittovaltioon tuli lakimuutos 2012 joka mahdollisti tämän. (Livescience.com 2013.)

Urheilun ja varsinkin ekstreemien lajien kuvauksessa UAV:t ovat olleet vertaansa vailla siitä lähtien, kun niiden ketteryys ja helppokäyttöisyys huomattiin Falkor Systemsin toimesta, samaisen lakimuutoksen jälkeen. Falkor Systemssin uusin hanke on Pet AR, joka on käytännössä autonomisesti toimiva pienikokoinen UAV, joka on alun perin suunniteltu seuraamaan urheilijoita, esimerkiksi kalliolta base hyppyä suorittavaa henkilöä. Suurissa urheilutapahtumissa pystytään UAV:tä

käyttäen hoitamaan tarvittavat kuvaustoimenpiteet huomaamattomammin ja pienemmällä yleisölle sekä urheilijoille aiheutuvalla haitalla. (Livescience.com, 2013)

Yhdysvalloissa siviilikäytössä on myös useita UAV-lennokkeja, jotka valvovat liittovaltion noin 6.5 miljoonaa kilometriä pitkää valtatieverkostoa. Näitä lennokkeja käytetään myös siltojen ja teiden tarkasteluun sekä maaston laaserkeilaukseen. Liittovaltion liikenneministeriö myönsi vastikään Georgian liikennevirastolle 75000\$ tutkimukseen, jossa tutkitaan miten UAV-lennokkeja voisi käyttää ruuhkien ja onnettomuuksien tutkintaan. (livescience.com 2013.)

Villieläinten tutkiminen ja valvominen on myös yksi oivallinen käyttökohde UAV laitteille, joita on käytetty esimerkiksi eläinryhmien laskemiseen, niiden siirtymien tarkkailuun sekä pesintäalueiden tutkintaan. Yksi huikkeimmista esimerkeistä on Sumatran orangien (*Pongo abelii*) kannan laskenta, mikä on erittäin vaikeaa, koska laji on uhanalainen ja se pesii puiden latvoissa. UAV:tä käyttämällä on saatu arvokasta informaatiota lajin tilanteesta. Jotkut käyttävät lennokkeja metsästyksessä nähdäkseen missä mahdollisia saaliseläimiä on. Lennokkeja käytetään myös metsästyksen ja riistaeläinten valvonnassa, sekä salametsästyksen torjunnassa. (Livescience.com 2013.)

Lennokeista on tullut myös merkittävä osa katastrofi aluella tapahtuvaa toimintaa, lennokkeja käytetään yleensä kartoittamaan ihmisille vaarallisia alueita tai esikartoitukseen alueilla, joihin ihmiset eivät ole vielä saapuneet. Tulevaisuun suunnitelmiin kuuluu myös ensiapupakkausten sekä ruokatarpeiden toimittaminen paikkoihin joihin ei muuten päästä. Viranomaiset käyttävät UAV -lennokkeja myös palavien rakennusten kartoittamiseen. (Livescience.com 2013.)

2.4 Lainsäädäntö

Suomen laissa ei ole UAV-lentämiselle voimassa olevia virallisia ilmailumääräyksiä. Laissa on seuraava maininta, kokeilu- tai tutkimustarkoituksiin käytettävä miehittämätön ilma-alus saa poiketa normaaleista lentosäännöistä tarkoitusta varten tilapäisesti erotetulla alueella, jos poikkeava menettely on suunniteltu ja toteutettu siten, ettei lentoturvallisuutta vaaranneta. Poikkeavaan menettelyyn on myös haettava myöntymys Liikenteen turvallisuusvirasto TraFilta. (Ilmailulaki 2009, 6 §)

TraFin mukaan suositeltava lentokorkeus on korkeintaan 150 m maanpinnasta ja lennokin on oltava koko ajan näköetäisyydellä, tai sen on pystyttävä väistämään mahdollinen muu ilmaliikenne, minkä takia on suositeltavaa että lennättäessä on mukana ilmailuskanneri tai ilmailuradio. Korkein suosituspaino TraFin mukaan on 10 kg. Jos jostakin näistä poiketaan, on ilmatila varattava etukäteen paikallista ilmatilaa valvovalta lennonjohdolta.

Euroopan Unionin asettamissa säädöksissä sanotaan, että alle 150kg painavalle lentoalukselle on kunkin valtion laadittava omat säädökset. (Finlex 2014)

3 ILMAKUVAUSJÄRJESTELMÄT

3.1 Miehitetyt järjestelmät

Perinteisesti ilmakekuvaus on yhdistettu miehitetyllä lentoaluksella sekä manuaalisella kameralla suoritettavaan kuvaustehtävään, tämän on yleensä haasteelliseksi tehnyt lentonopeudesta sekä kuvaajasta johtuva ääriä.

Miehitetyissä järjestelmissä on myös käytetty automaattisia kameroita tai kuvausjärjestelmiä, jotta erillistä kuvaajaa ei tarvita.

Kulurakenteensa vuoksi miehitetyllä ilma-aluksella kuvaaminen on erittäin kallista, mutta toisaalta kuvauskaluston puolesta huomattavasti joustavampaa kuin UAV-kuvaaminen.

3.2 UAV järjestelmät

”UAV-alus on yleensä lennokkia suurempi mutta toistaiseksi kooltaan hävittäjälentokonetta pienempi. Hyvin korkealla lentävillä HALE-aluksilla voi olla hyvinkin suuri kärkiväli, mutta niiden kuormankantokyky on pieni. Erityissovelluksissa UAV voi olla paljonkin tavanomaista lennokkia pienempi.

UAV-alus ei nykyisin vastaa lentokoneen määritelmää ilmailulainsäädännön silmissä. Oleellinen ero on kuitenkin sen ohjauksen automaattisuus tai etäohjaus. Tällöin UAV ei nykykäsityksen mukaan pysty tekemään törmäyksen uhatessa niin järkeviä päätöksiä kuin lentokoneessa istuva ohjaaja. Ylipäätään ilmailulainsäädäntö on viime vuosisadan aikana tehty miehitettyjä ilma-aluksia varten. Sotilasilmailussa on rajoitetulla alueella tehty miehittämättömiä lentoja jo vuosikymmeniä. Toisaalta esimerkiksi alle 4 kg painavat mini-UAV:t eivät vaaranna lentokoneita enempää kuin isot linnut,

joiden törmäyksiä matalalla lentävien lentokoneiden on joka tapauksessa pakko kestää.

UAV vaikuttaa usein ulkomuodoltaan samankaltaiselta kuin esimerkiksi ilmatorjuntatykistön tai ohjuskokeiden käyttämät suuret maalilennokit (drone), joista osa on tehty modifioimalla vanhanaikaisia suihkulentokoneita miehittämättömiksi maalialuksiksi.

Ilma-aluksen lisäksi UAV:ssä on yleensä laukaisujärjestelmä, ellei alus nouse ilmaan lentokentältä kuten lentokone tai pystysuoraan kuten helikopteri. Maajärjestelmään kuuluu myös UAV:n ohjauskeskus. Koska UAV-toiminta on monessa maassa vielä kokeellista niiden lentoja varten on varattu ilmatilaa. Esimerkiksi Suomessa Kemijärvellä on UAV-koelentoalue. Sen lisäksi järjestelmään kuuluu UAV:n ohjaajien koulutusjärjestelmät.” (Wikipedia 2014)

3.3 Valmiit UAV-ratkaisut

DIJ Phantom

Phantom on täysin lentovalmis paketti, joka on suunniteltu GoPro kameralla kuvaamiseen. Kuvauskohteet ovat suurimmaksi osaksi viihteen ja taiteen parissa. Pienen kokonsa ansiosta se on kätevä kuljettaa ja nopea ottaa käyttöön, sillä sen voi vaikkapa kiinnittää repun päälle.

Tämä UAV on suunnattu aloittelevalle ilmakuvaajalle, vaikka siinä kuitenkin on ominaisuuksia hieman kokeneemmallekin kuvaajalle. Erityisen aloittelijaystävällisiä ominaisuuksia ovat AGH (auto go home), Failsafe (virheen sattuessa kone laskeutuu itse) sekä laskeutumisapuri.

Lentoaika yhdellä akulla on 11 minuuttia kameran kanssa. Lennätysetaisyys maksimissaan 300 metriä, tämä vaihtelee maaston mukaan. Korkealla lennettäessä laitteen hallintaa avustaa sen ”käsissä” olevat erittäin kirkkaat valot, jotka kertovat sen asennon.



Kuva 5 DJI Phantom GoPro2 kameran kanssa. (Flying Cameras ca, 2014)

Zephyr 2

Zephyr 2 on MarcusUAV:n kehittäämä “flying wing” –tyyppinen ratkaisu ilmakehäväilyyn, se on suunniteltu niin aerodynaamiseksi kuin mahdollista jotta sitä voitaisiin lentää mahdollisimman pienellä energian kulutuksella,

Tämä UAV on tulevaisuudessa täysin kasattuna ja lentovalmiina omassa salkussaan (kuva 6) 13000\$ hintaan. Hintaa perustellaan 3 pikaliittimillä vaihdettavalla erilaisella kameralla, sekä 25 mailin kantamalla. Myös se että kyseinen UAV on kokonaan hiilikuitua ja sen mukana tulee täydellinen GCS (Ground Control Station) - paketti vaikuttavat hintaan.



Kuva 6 Zephyr 2 pakkauksen sisältö. (MarcusUAV inc. 2014)

Cinestar 8

Cinestar 8 on raskaan sarjan kalustoa videokuvaaajille, esimerkiksi elokuvastudioille. Tämän UAV:n käyttämiseen suositellaan kahta lentäjää, toinen ohjaamaan itse UAV:tä sekä toinen ohjaamaan kameraa. Kamera on yleensä omassa kahdella servolla kääntyvässä telineessään kuva 7. Kahdeksan moottoria takaavat parhaan nostokyvyn, tasaisen lennon sekä poistavat vikaherkkyyttä yhden tai useamman moottorin lakatessa toimimasta.

Ensisijaisesti video tai järjestelmäkameraa kuljettamaan kehitetty oktokopteri pystyy kannattelemaan lastiaan ilmassa noin 15 minuutin ajan. Tämä kuitenkin riippuu täysin kamerasta sekä optiikasta. Lentoaika on mitattu kahdella vakioakulla sekä Canonin 7D -kameralla.

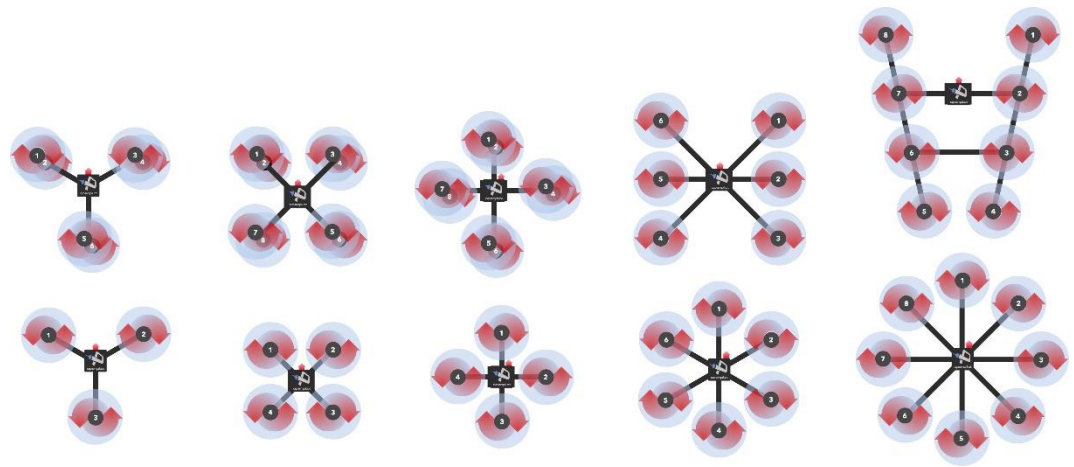


Kuva 7 Cinestar 8, 2 pilotin versio. (Quadcopter.com, 2014)

3.4 Multirotor-kopterit

Multirotor tai multikopteri nimitystä käytetään lentävästä aluksesta, jossa on kaksi tai useampi roottori, tällaisissa aluksissa käytetään yleensä myös kiinteällä kallistuksella olevia lapoja, joissa lavan kulma ei vaihtele samalla tavalla kuin normaalissa helikopterissa. Kopteria hallitaan säätämällä yksittäisen moottorin suhteellista nopeutta säätäen näin sen tuottamaa tehoa ja vääntöä.

Multikoptereilla on useita erillaisia roottoriaasetelmia, joista yleisimmät asetelmat käyvät kuvassa 8



Kuva 8 Erilaiset moottoriaasetelmat. (OpenPilot, 2013)

Hyödyt ja haitat

y (Kolmimoottorinen) ja x (Nelimoottorinen) mallisissa multikoptereissa ylivoimaista ovat ketteryys sekä keveys, mutta ne ovat erittäin herkkiä vikatilanteissa, varsinkin jos propellille tai moottorille tapahtuu jotain. sen sijaan 6 ja 8 moottoriset pystyvät vielä lentämään ilman yhtä tai kahta moottoria, mutta tämän kääntöpuolena ne vaativat moninkertaisen määrän energiaa lentämiseen.

Tyyppi	Moottorit	Päällekkäispropelli	Plussat	Miinukset	Kuormaesimerkki
I4	4	Ei	Yksinkertainen ja edullinen	Ei vikasietoisuutta	GoPro 3
X4	4	Ei	Yksinkertainen ja edullinen	Ei vikasietoisuutta	GoPro 3
I6	6	Ei	Jonkin asteinen vikasietoisuus ja suuri kantavuus	Kookas ja hintava	GH2/Nex7
X6	6	Ei	Jonkin asteinen vikasietoisuus ja suuri kantavuus	Kookas ja hintava	GH2/Nex7
Y6	6	Kyllä	Pieni, mutta erittäin vakaa jopa kovissa tuulissa	Monimutkainen, ei kovin suorituskykyinen	GH2/Nex7
IY6	6	Kyllä	Pieni, mutta erittäin vakaa jopa kovissa tuulissa	Monimutkainen, ei kovin suorituskykyinen	GH2/Nex7
I8	8	Ei	Todella vikasietoinen sekä tehokas	Kookas ja hintava	5D/Epic/C300
V8	8	Ei	Todella vikasietoinen sekä tehokas	Kookas ja hintava	5D/Epic/C300
X8	8	Kyllä	Korkein nostokyky sekä tuulen sieto.	Akunkesto ja Heikko	C500/FS700/Dual Epics

Kuva 9 Taulukko erityyppisistä multirotor vaihtoehtoista.

3.5 Ohjaustekniikat

Radio(RX) -järjestelmä tarvitsee perinteisen radiohjaimen lisäksi samalla taajuudella toimivan vastaanottimen. Yleensä radiolla lennettäessä UAV on näköetäisyydellä ja niin sanottua FPV(Fist person view) -varusteita ei tarvita. Jos kuitenkin käytössä on esimerkiksi vahvistettu 900 Mhz -radio, niin tässä tapauksessa on suositeltavaa käytettäväksi FPV-varusteita näköyhteyden takaamiseksi.

Suomessa ainoa sallittu taajuus on 2.4Ghz, tällä taajuudella toimivissa radioissa kantama on muutamassa sadassa metrissä. Parhaan kataman avoimessa tilassa antaa 900Mhz:n taajuudella toimivat radiot, kun taas sisätiloissa lennettäessä suositellaan käyttämään 4.8Ghz:n taajuudella toimivaa laitetta radioaallon läpäisykyvyn takia.

GPS-ohjausta käytetään yleisesti vain hetkellisiin paikan lukituksiin, sekä myöhemmin reitin tarkasteluun. On kuitenkin mahdollista käyttää GPS-navigointia sellaisilla aluella, jossa ei ole vaihtuvia pinnanmuotoja, tai lento ei häiritse muuta ilmaliikennettä. GPS-navigointi tapahtuu ennalta määritetyn reitin perusteella, jossa alus etsii ensin lähtöpaikkansa, lentää ensin tavoitekorkeuteensa ja suunnistaa sitten reitilleen.

3.6 Kamera

3.6.1 Harrastelijoille

Harrastelijat rakentavat yleensä multikopterinsa kannattelemaan joko niin sanottua actionvideokameraa tai digikameraa. Suurin osa multikoptereista onkin suunniteltu kannattelemaan vähintään actionvideokameraa tai pökkaria, näitä varten yleensä multikopterin runkoon on saatavilla lisäosa, johon kameran voi helposti kiinnittää.

3.6.2 Ammattilaisille

Ammattikäytössä kamerat ovat hieman kehittyneempiä, ja niitä kannattelevissa alustoissa on yleensä useampi akseli, jotta kameroita voidaan hallita paremmin. Ortokuvauskamerat, infrapunakamerat, elokuvakamerat, järjestelmäkamerat sekä monispektrikamerat ovat huomattavasti arvokkaampia kannettavia, joten niiden kiinnitys pitää olla täydellinen. Joissain tapauksissa näitä suositellaan lennettäväksi kahden henkilön miehistöllä, joista toinen ohjaa ilma-alusta ja toinen kameraa.

3.7 Flight Control Unit

UAV-laitetta ohjataan lennonhallintapiirillä, tällä pienikokoisella piirilevyllä sijaitsee yleensä mikro-ohjain joka hallitsee kaiken lentämiseen liittyvän. Sen lisäksi kaikista malleista löytyvät 3-suuntainen gyroskooppi sekä 3-suuntainen kiihdytysmittari, nämä kaksi mittausyksikköä mahdollistavat UAV:n hallinnan lisäksi sen liikkeiden ja asennon havainnoinnin. Useisiin FCU-piireihin saa lisälaitteena kytkettyä GPS vastaanottimen, sekä parannellun sarjadataa käyttävän Futaba S-Bus radiojärjestelmän.

3.7.1 Coptercontrol 3D

Coptercontrol 3D(CC3D) on FCU, jota kehitetään avoimen lähdekoodin voimin, sekä sen valmistaja OpenPilot on voittoatavoittelematon yhdistys, joka valmistaa ja jälleenmyy kaikkia tuotteitaan minimaalisella katteella. Kaikki tämän yrityksen tuotteet on myös mahdollista kasata täysin itse, koska valmiit osalistat ja niiden valmistajat löytyvät sivustolta ja yhteisöstä.

CC3D on niin hinnaltaan kuin ominaisuuksiltaan erittäin kilpailukykyinen muiden FCU-piirien kanssa. Erityistä etua tälle piirille antaa se että kynnys harrastuksen aloittamiseen sen kanssa on erittäin pieni. Tämä johtuu suuresti siitä että sen hallintaohjelmiston käyttäminen on erittäin helppoa, ja halutessaan voi konfiguroida CC3D:n asennusvelhoa käyttämällä, sekä niinsanotussa ”expert”-moodissa pystyt säätämään kaikkia ominaisuuksia ja vaikuttamaan täten pienimpiinkin asioihin, jotta saat itsellesi optimoidun lentokokemuksen.

CC3D on coptercontrollin 3 ja viimeisin iteraatio, joten suurimmasta osasta ”lapsuuksia” on päästy eroon. Suurin puute tässä piirissä liittyy sen prosessointikapasiteettiin, joka on riittämätön ohjaamaan multirotor –koptereita GPS-paikannuksen avulla.

3.7.2 MultiWII Pro

MultiWII on ”yleismallinen” ohjelma, joka on kehitetty multirotor –koptereita varten ja se tukee nykyään monia hyödyllisiä sensoreita, mutta se on alunperin kehitetty käyttämään Nintendo Wii:n ohjaimen gyroskooppia sekä accelometriä. Ohjelma on rakennettu Arduino alustalle, joka takaa laajat jatkokehitysmahdollisuudet, sekä mahdollisuuden muokata kaikkea.

MultiWII:stä on useita valmiita versioita, joista itse valitsin testattavaksi MultiWII Pro:n joka on tämän hetken monipuolisin MultiWII:tä hyödyntävä valmis FCU-piiri. MultiWII Pro sisältää valmiit liitännät kaikille lisälaitteille sekä mahdollisuuden liittää muita Arduinoon kytkettäviä sensoreita ja komponentteja, toisin kuin CC3D:ssä MultiWII Prossa riittää prosessointiteho jatkuvaan GPS-paikannukseen ja multikopterin hallintaan sen avulla. Piiri on hieman painavampi ja kookkaampi kuin CC3D, mutta myös huomattavasti monipuolisempi sekä tehokkaampi.

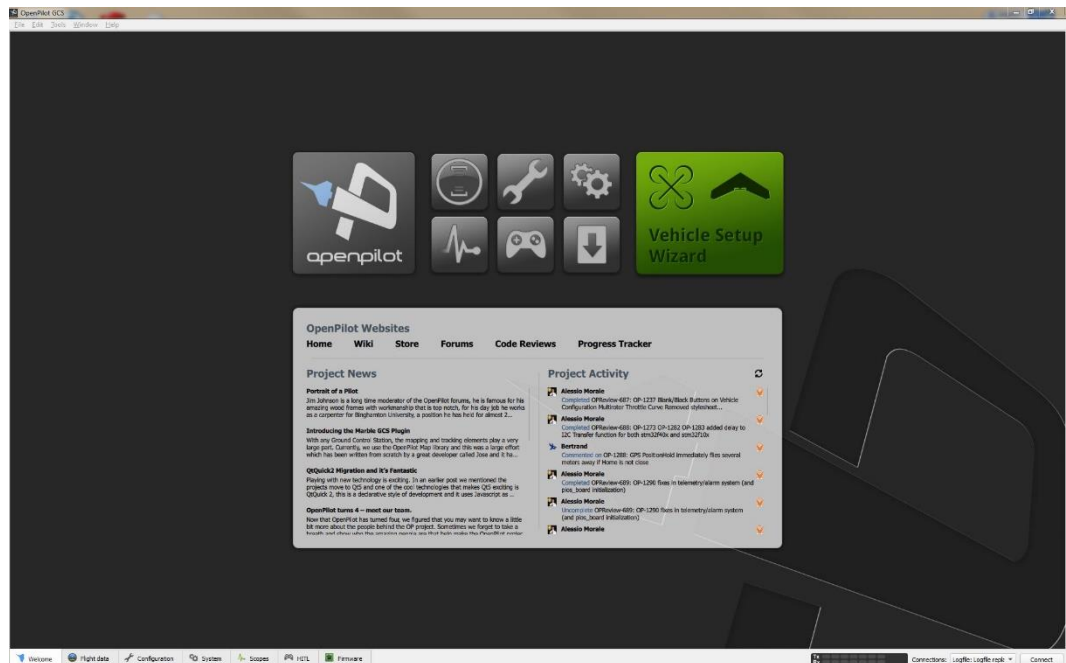
4 OHJELMISTOT

4.1 Ground control station -ohjelmistot

OpenPilot GCS

OpenPilotin GCS on erittäin pitkälle käyttäjän näkökulmasta kehitelty openpilot FCU:iden konfiguroimiseen sekä hienosäätöön tarkoitettu ohjelmisto, jonka käyttöliittymä on modernilla tavalla yksinkertaistettu kuten kuvasta 4.x näkyy. Yksinkertaistettu käyttöliittymä takaa helpot kontrollit FCU:n käyttöönottoon, mutta yksinkertaisuudestaan huolimatta OpenPilot GCS on huomattavasti monipuolisempi kuin useimmat muut samaan tarkoitukseen tarkoitettut ohjelmat.

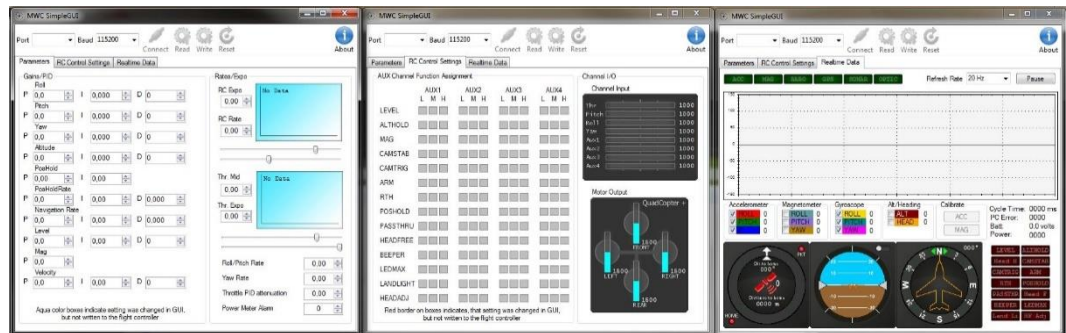
Tässä ohjelmassa ensimmäinen konfigurointi on tehty erittäin helpoksi niinsanotun velhon avulla, ja velho käy läpi kaikki vaihtoehdot yksityiskohtaisesti mutta helposti.



Kuva 10 OpenPilot GCS aloitusnäyttö

The GUI GCS

MWC GUI on kevyt javasovellus, joka on tarkoitettu MultiWii Pro FCU:n parametrien säätämiseen sekä sensorien tarkkailuun. Ohjelmistolla ei voi päivittää piiriin firmwarea, eikä muuttaa kokoonpanoasetuksia, ja kaikki muutkin merkittävät muutokset pitää tehdä erilliselle Arduino-ohjelmointityökalulla. Eikä ohjelmiston UI:kaan ole tältä vuosikymmeneltä kuten kuvasta 11 käy ilmi..



Kuva 11 MultiWii pro The GUI näkymä

5 CASE

5.1 Edullisen ilmakuvauksen toteuttaminen

Tämän case -osion tarkoituksena on rakentaa ilmakuvauslaitteisto opiskelijabudjetilla. Kaluston tulee olla kuitenkin niin varmatoiminen, että sillä pystyy kuvamaan ihmisten lähellä sekä ahtaissa tiloissa, mikäli pilotin taidot siihen riittävät.

Kopterin kasaamiseen itse oli tässä tapauksessa ainoa vaihtoehto, koska opiskelijan budjetti ei sallinut kalliin kopterin ostamista, mikä toki ei ollut ainoa syy. Syistä painavin oli rehellisesti se, että allekirjoittanut pitää erittäin paljon siitä tunteesta joka tulee, kun saa jotain itse tehtyä toimimaan paremmin kuin kalliit valmiit ratkaisut.

Aiheen molemmat pääosa-alueet ovat lähellä sydäntä, joten kun idea juolahti mieleeni, otin välittömästi puheeksi mahdollisuuden toteuttaa ilmakuvaus – aiheisen opinnäytetyön.

Tärkeitä seikkoja valintoihin, joita tässä opinnäytetyössä on tehty, olivat myös vikatilanteiden hoidon helpottuminen, kun tietää miten laite tarkalleen toimii sekä varaosien varma jatkohankintamahdollisuus.

5.2 Osat

Aluksi valitsin UAV:ni rungoksi Hobbykingin valmistaman X525:n hiilikuidusta valmistetun rungon, jossa on alumiiniset ”boomit”, koska sen sanottiin olevan aloittelijaystävällinen sekä erittäin kestävä. Edullisesta hinnasta huolimatta runko vaikutti erittäin laadukkaalta kasattuani sen. X525 ei kuitenkaan sopinut täysin käyttötarkoitukseeni, joten tein itse 3D-tulostimella uuden paremmin kuvaustarkoituksiin sopivan rungon.

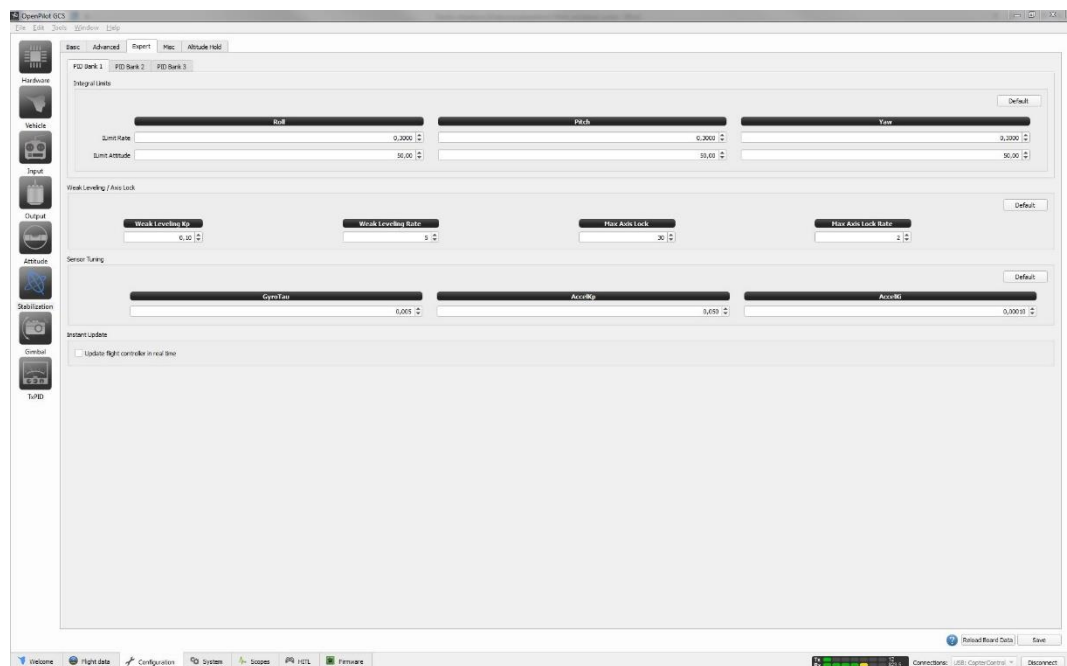
Moottorivalinta perustui puhtaasti dataan, jota moottoreista oli tarjolla. Vaikuttavia tekijöitä olivat teho/paino –suhde, koko, nostovoima sekä hinta. On erittäin tärkeää valita projektiin sopivat moottorit, jotta nostoteho on riittävä. On myös huomioitava, ettei nostotehoa ole liikaa, koska se saattaa lyhentää lentoaikaa liiallisen energiankäytön sekä painon takia. Päädyin Turnigyn Aerodrive SK3 moottoreihin, ja SK3 antoi parhaan tehon haluamani grammamäärän rajoissa.

Kun moottorit on valittu, valitaan niille moottorinohjausyksiköt(ESC) jotka säätelevät moottorin tehoa useita kertoja sekunnissa, nämä yksiköt määräävät myös moottorille menevän virran sekä jännitteen. SK3 -moottorien suositeltu maksimi virta oli 8 A, joten päädyin saman valmistajan 10A ESC –piireihin ja varmistin myös, että ne olivat nopeimmalla 480Mhz:n virkistystaajuudella, jotta UAV:n ohjaaminen tulisi olemaan mahdollisimman responsiivista.

Propellit valitaan sen mukaan kuinka paljon halutaan nostetta ja kuinka isot propellit rungolle mahtuu. Akun valinnassa huomiota kiinnitetään oikeastaan vain painoon ja kapasiteettiin, koska pitää tasapainotella akun tuoman lentoajan sekä sen painon negatiivisen vaikutuksen välillä.

5.3 Testaus

Omavalmisteisen quadkopterin testaus alkoi keväällä 2013, ja ensimmäinen askel oli saada kopteri pysymään paikallaan ilmassa pintakaasulla. Kun FCU otetaan ensimmäistä kertaa käyttöön, tietyssä rungossa pitää se kalibroida. Kalibrointi tapahtuu säätämällä FCU:n Yaw, Pitch ja Roll asetuksia ± 0.001 -25 astetta kuva 5.4, kopteri nostetaan maasta pintakaasulla ja jätetään se leijumaan noin 1.5m korkeuteen jolloin maan pinnasta takaisin nouseva ilma ei vaikuta kopterin lentorataan. Kun ohjaimesta päästää irti, kopterin pitäisi jäädä leijumaan paikalleen, jos piiri on täysin suorassa ja keskitettynä runkoon. Yleensä kopteri lähtee liukumaan johonkin suuntaan tai rupeaa pyörimään pystyakselinsa ympäri, näitä liikkeitä yritetään kompensoida asetuksia säätämällä. Tämä kalibrointi on erittäin tärkeä vaihe, koska sen vaikutus lentojen onnistumiseen on valtava. On ollut tapauksia jossa säädöt ovat jääneet kokonaan tekemättä ja alukset ovat karanneet ohjaimen kantamalta ja jatkaneet matkaa ilman ohjausta.



Kuva 13 Kopterin FCU:n hienosäätö

6 YHTEENVETO PROJEKTISTA

Videokuvaukseen asti en päässyt ajanpuutteen takia, koska tämä oli ensimmäinen UAV:ni, enkä kokenut lentotaitojani tarpeeksi varmoiksi, että olisin uskaltanut kiinnittää laitteeseen arvokkaan kameran kesän 2013 aikana. Jatkan kyllä harrastusta ja pyrin tekemään jonkinlaisen videon kesän 2014 aikana. Projektin tuotoksena kasattu quad-kopteri on toimiva harrastusväline, mutta valmiin palvelun tuottamiseen se ei sovellu. Palvelun tuottamista varten minimaalinen laite on DJI Phantom GoPro kameralla, mutta suositeltavaa on hankkia kahdeksanmoottorinen malli.



Kuva 14 Ensimmäinen nousu

LÄHTEET

Coptercraft. 2014.[viitattu 16.3.2014]. Saatavilla:

<http://www.coptercraft.com/multirotor-frame-configurations/>

Findaerialphotography.com. 2014.[viitattu 16.1.2014]. Saatavilla:

http://findaerialphotography.com/photograph_types.php

Finlex . 2014.[viitattu 5.4.2014]. Saatavilla:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20091194>

Flying Cameras ca. 2014.[viitattu 12.03.2014]. Saatavilla:

<http://www.flyingcameras.ca/>

IGT Aerial Photography. 2014.[viitattu 10.03.2014]. Saatavilla:

<http://www.igtaerials.com/>

Livescience.com. 2013.[viitattu 10.12.2013]. Saatavilla:

<http://www.livescience.com/>

Map Art. 2014.[viitattu 10.03.2014]. Saatavilla: <http://www.mapmart.com>

MarcusUAV inc. 2014.[viitattu 25.2.2014]. Saatavilla:

<http://www.marcusuav.com/zephyruav/>

Petapixel.com. 2014.[viitattu 14.4.2014]. Saatavilla:

<http://petapixel.com/2013/04/02/the-oldest-surviving-aerial-photograph/>

Quadcopter. 2014.[viitattu 5.2.2014] Saatavilla: <http://www.quadrocopter.com/>

Suomen Ilmailuliitto. 2013.[viitattu 16.12.2013]. Saatavilla:

<http://www.ilmailuliitto.fi/>

Webb Aviation. 2014.[viitattu 10.03.2014]. Saatavilla:

<http://www.webbaviation.co.uk/>

Wikipedia.com 2013 Aerial Photography. 2013.[viitattu 5.12.2013]. Saatavilla:

http://en.wikipedia.org/wiki/Aerial_photography

Wikipedia.com Multirotor. 2013.[viitattu 10.12.2013] Saatavilla:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Multirotor>

KUVALUETTELO

Kuva 1 Lomakiinteistöstä mainostarkoitukseen otettu viistokuva.....	6
Kuva 2 Pystykuva ulkoilualueesta.....	7
Kuva 3 Valmis ortokuva karttapalvelusta.....	8
Kuva 4 Boston, as the Eagle and the Wild Goose See It.	9
Kuva 5 DIJ Phantom GoPro2 kameran kanssa	15
Kuva 6 Zephyr 2 pakkauksen sisältö.	16
Kuva 7 Cinestar 8, 2 pilotin versio	17
Kuva 8 Erillaiset moottoriasetelmat.	18
Kuva 9 Taulukko erityyppisistä multirotor vaihtoehtoista.....	19
Kuva 10 OpenPilot GCS aloitusnäyttö	24
Kuva 11 MultiWii pro The GUI näkymä.....	25
Kuva 12 Yllämainitut osat ennen kokoonpanoa.....	28
Kuva 13 Kopterin FCU:n hienosäätö	29
Kuva 14 Ensimmäinen nousu.....	30